

(Aus der pädiatrischen Klinik des Karolinska-Instituts, Norrtnulls sjukhus, Stockholm
[Chef: Prof. Arvid Wallgren].)

Studien über die Motilität des Magens im Säuglingsalter

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Basel

vorgelegt von

Walter Keller

von Nürensdorf



1950

VERLAG VON S. KARGER IN BASEL

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag von
Prof. E. Freudenberg.

Tag der Promotion : 22. Dezember 1949.



Sonderdruck aus „Annales Paediatrici“ Vol. 174, No. 5.

1. Einleitung: Die Voraussetzungen.

200 Jahre sind es her, seit *Réaumur* (1752) entdeckte, daß der Magen nicht nur ein toter Blindsack sei, sondern ein Sekret absondere, das befähigt sei, Eiweiß zu verdauen. Aber erst gegen Ende des letzten Jahrhunderts wurde man auf die *motorische Funktion* des Magens aufmerksam und versuchte, sie systematisch zu erforschen.

Es stehen uns dafür grundsätzlich 4 Methoden zur Verfügung:

1. *Die Magenausheberung mit der Magensonde (Kußmaul 1864 zu therapeutischen Zwecken, van Puteren 1889 zur Motilitätsforschung).*

2. *Die Ballonsonde zur Registrierung der Peristaltik (Kelling 1884).*

3. *Das Röntgenverfahren mit Kontrastmahlzeit (Rieder 1904).*

4. *Das Elektrogastrogramm (Tschermak 1919).*

Von diesen 4 Methoden soll lediglich diejenige der Magen sondierung zugezogen werden, weil sie allein fähig ist, uns genaue quantitative Anhaltspunkte über die *Magenentleerung* zu geben.

Die Technik ist im einzelnen folgende: Als Magensonde wird ein feiner und glatter Gummikatheter verwendet, mit einem äußeren Durchmesser von etwa 4 mm. Dieser sitzt an einer gradierten Rotandaspritze von mindestens 100 ccm. (Eine Rotandaspritze ist eine Spritze mit 2 separaten Ansätzen.) Der freie Ansatz wird zum eventuellen Entleeren der Spritze in ein Gefäß oder zum Nachsaugen von Milch aus einer Reserveflasche benutzt. So braucht die Spritze während der ganzen Manipulation nie abgenommen zu werden (Fig. 1 a). Bei Mengen, welche das Fassungsvermögen der Spritze übersteigen, habe ich zwischen Spritze und Magensonde ein fein graduiertes Mensurglas von geeigneter Größe eingeschoben (Fig. 1 b). Die Milch kommt so nie mit der Außenluft in Berührung; Verunreinigung oder Abkühlung sind ausgeschlossen. Spritze und Kolben werden jeweils vorgewärmt. Auf diese Weise ist ein äußerst rasches Arbeiten möglich.

Beim Einführen der Sonde darf keine Gewalt angewendet werden: Man läßt den Säugling, ohne an ihm zu rühren, im Bettchen liegen und führt die Sonde durch den Mund ein, bis sie am Pharynx anstößt. Das Kind macht dann einige Schluckbewegungen, während welchen man die Sonde rasch, aber sanft bis in den Magen weiterschiebt. Der Einwand, daß die Sondierung für den Säugling einen großen Eingriff darstelle, ist nicht gerechtfertigt. Bei sorgfältiger Technik ist es möglich, am schlafenden Säugling eine Magenausheberung vorzunehmen, ohne daß er erwacht.

Auf die Frage, ob die Sondenmethode physiologisch sei, werde ich am Schlusse des 6. Kapitels eingehen.

Um die natürlichen Verhältnisse möglichst genau nachzuahmen, wurde nur *Muttermilch* zur Prüfung verwendet. Es geht schon aus der älteren Literatur hervor, daß künstliche Ernährung (z. B. mit Kuhmilch) ganz andere Bedingungen schafft: die Zusammensetzung ist für den Säugling ungünstig, die Kuhmilch fällt in großen Flocken aus, die Magensekretion ist gesteigert usw. Erst wenn wir die Verhältnisse mit der für den Säugling geschaffenen Muttermilch klargestellt haben, können wir an die Prüfung artfremder Nahrungsstoffe herangehen¹.

Ferner muß der Begriff der *Magenentleerung* genauer umschrieben werden. In der älteren Literatur ist es üblich, die *Magenverweildauer* oder *Entleerungszeit* anzugeben. Dieses Maß ist aber für genaue Bestimmungen nicht verwendbar, da weder Ausgangs- noch Endpunkt genau bestimmbar sind.

Unter *Magenentleerungsgeschwindigkeit (MEG)* verstehe ich die Menge in cm^3 , welche pro Stunde den Magen verläßt. Diese Umstellung des Begriffes geschieht nicht mutwillig, sondern sie ist das Resultat der nun folgenden Untersuchungen.

2. Der Verlauf der einzelnen Entleerung.

Den Ausgangspunkt für diese Untersuchungen bilden einige Beobachtungen über den Ablauf der Magenentleerung während einer einzelnen Mahlzeit. Es stellt sich vorerst die Frage, ob überhaupt der Ablauf einer einzelnen Magenentleerung bestimmten Gesetzen gehorche. Aus der Literatur erhält man darüber nur ein unklares Bild.

¹ Für meine Versuche standen mir reichliche Mengen von Muttermilch aus der Stockholmer Muttermilchzentrale zur Verfügung. Es handelt sich dabei um eine auf ihre Reinheit sorgfältig geprüfte Ammenmilch von praktisch konstanter Zusammensetzung.

Fig. 1 a.

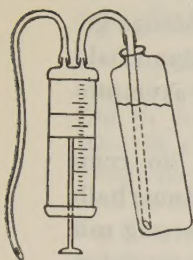


Fig. 1 b.

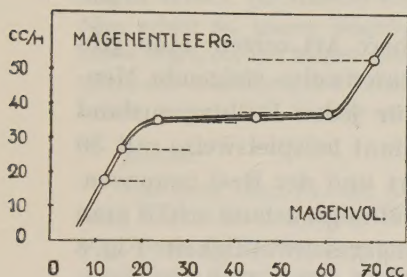
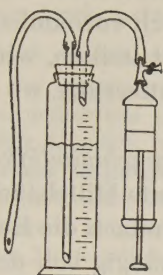


Fig. 3.

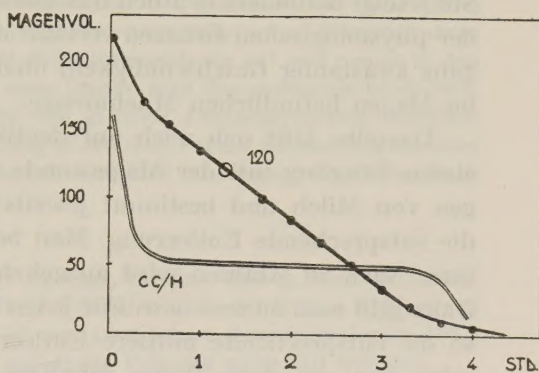


Fig. 2.

Literatur.

Van Puteren (1889): Sondenmethode. «Im Laufe der ersten Stunden nimmt der Mageninhalt rasch ab; die letzten Reste verschwinden relativ langsamer im Laufe der nächsten halben Stunde.»

McCann (1929): Rein gefühlsmäßige Beurteilung unter dem Röntgenschirm bei kontrasthaltiger Mahlzeit. «The rate of emptying of the stomach increases progressively from early digestion until the process is complete.»

Van Liere-Sleath-Northrop (1937): Röntgenuntersuchung am Erwachsenen. «It is suggested, that an increased amount of food... stimulates the stomach to more effective contractions.»

Wigger (1944): Röntgenmethode. «The emptying rate of the stomach increases progressively from the onset to the completion of digestion.»

Vendel (1946): Die letzte und beste Arbeit auf diesem Gebiete. Sondenmethode. «It can be said, that the stomach empties a constant amount per time unit almost during the whole of the meal. In graphic representation it means a rectilinear curve.»

Ferner: Moritz (1895), Best und Cohnheim (1910), Rogatz (1924), Rosenbaum (1925), Catel (1946).

Die endgültige Abklärung kann nur ein Versuch bringen, bei welchem im Verlaufe einer Mahlzeit möglichst oft der Mageninhalt ausgehebert und gemessen wird. Die Entleerung läßt sich so schrittweise verfolgen. Fig. 2 zeigt eine solche Messung an einem drei Monate alten Säugling. Normale Milchmenge pro Mahlzeit

150 ccm. Mit der Sonde wird 220 ccm Muttermilch gegeben. Alle 20 Minuten wird ausgehebert und die noch vorhandene Menge gemessen. Die *Entleerungskurve* fällt zuerst steil ab, wird dann bald ganz gleichförmig bis fast zur völligen Entleerung, wo sie asymptotisch ausläuft.

Die daraus berechnete *Entleerungsgeschwindigkeit* (in ccm/Std.) zeigt besonders deutlich das konstante Mittelstück. Innerhalb der physiologischen Grenzen verläuft demnach die Entleerung mit ganz konstanter Geschwindigkeit, unabhängig von der momentan im Magen befindlichen Milchmenge.

Dasselbe läßt sich noch auf deutlichere Art zeigen: Man gibt einem Säugling mit der Magensonde stufenweise steigende Mengen von Milch und bestimmt jeweils für jeden Füllungszustand die entsprechende Entleerung. Man beginnt beispielsweise mit 30 ccm. Nach 20 Minuten wird ausgehebert und der Rest gemessen. Dann gibt man 50 ccm usw. Für jeden Füllungszustand erhält man so die entsprechende mittlere Entleerungsgeschwindigkeit. Fig. 3 zeigt eine auf diese Weise erhaltene Kurve der Entleerungsgeschwindigkeit bei verschiedenen Füllungsgraden. *Wieder tritt deutlich das Mittelstück mit der Zone der konstanten Entleerung zutage.*

Die beschleunigte Entleerung bei zu großen Mengen entspricht einer unphysiologisch starken Füllung des Magens, was zu einer Pylorussprengung führt (wie später bewiesen werden soll), während die verlangsamte Entleerung gegen den Schluß hin auf ungenügende Reizung der Peristaltik zurückzuführen ist.

3. Die Messung der Magenentleerungsgeschwindigkeit.

Die Entleerungskurve weist also eine relativ lange mittlere Zone auf, innerhalb welcher die Entleerungsgeschwindigkeit praktisch konstant ist. Wenn wir demnach bei einem Säugling untereinander vergleichbare Werte für die Entleerungsgeschwindigkeit erhalten wollen, müssen die Messungen immer innerhalb dieser konstanten Zone erfolgen. Überschreiten wir sie nach oben oder unten, so werden die Werte zu groß bzw. zu klein.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Falle würde die Bestimmung lauten: Ausgangsvolumen 120 ccm. Nach einer Stunde finden sich im Magen noch 68 ccm. Entleerungsgeschwindigkeit (MEG) also 52 ccm/Std. Diese Messung muß, um einen gesicherten Wert zu liefern, mehrmals ausgeführt werden. Man wird am besten meh-

rere Bestimmungen aneinanderreihen, muß aber darauf bedacht sein, die Zone der konstanten Entleerung nie zu verlassen.

Es ergibt sich zusammenfassend folgende *Versuchsmethode*: Dem Säugling wird mit der Magensonde eine Menge Muttermilch gegeben, die ungefähr $\frac{3}{4}$ der normalerweise pro Mahlzeit gegebenen Milchmenge entspricht (80—120 g). Wir kommen so mitten in die konstante Zone. Nach einer Stunde (bei kleinen Säuglingen nach 40 Minuten) wird mit Sonde der ganze noch im Magen befindliche Rest ausgehebert und gemessen. Die Einzelheiten der Magensondierung habe ich in der Einleitung besprochen. Man füllt dann sofort mit neuer Muttermilch auf das Ausgangsniveau auf und pumpt in den Magen zurück. Im Abstand von einer Stunde wird dies mehrmals wiederholt. Man erhält so, immer ausgehend vom gleichen Ausgangsvolumen, stündlich einen Wert, der die Magenentleerung in ccm/Std. angibt. Zu beachten ist dabei noch, daß zu Beginn des Versuches ein eventuell im Magen befindlicher Restinhalt ausgehebert werden muß.

Beispiel:

Ulla-Britt (Reg.-Nr. 38). Alter 91 Tage, Gewicht 4360 g. Normale Ernährung 5 Mahlzeiten à 140 g. Prüfung 3 Stunden nach der letzten Mahlzeit; es wird noch ein kleiner Rest von 10 ccm ausgehebert. Ausgangsvolumen 100 g (nach jeder Stunde muß wieder auf dieses Volumen aufgefüllt werden).

Nach 1 Std.	Restmenge 46 ccm	Entleert 54 ccm/Std.
2 Stdn.	46 ccm	55 ccm/Std.
3 Stdn.	45 ccm	55 ccm/Std.
4 Stdn.	47 ccm	53 ccm/Std.
	Durchschnittlich	54 ccm/Std.

Ein Einwand, der mit Recht gegen die Sondenmethode erhoben werden kann, ist, daß man nie genau weiß, ob man wirklich alles ausgehebert hat oder ob nicht in irgendeiner Magenfalte ein Rest zurückgeblieben ist. Diese Schwierigkeit haben wir jedoch gerade dadurch umgangen, daß wir die Bestimmung mehrmals nacheinander in gleichen Zeitabständen vorgenommen haben, wobei jeweils nach jeder Messung wieder auf das gleiche Ausgangsvolumen aufgefüllt wurde. Sollte dann bei einer Messung ein nicht erfaßter Rest zurückgeblieben sein, so wird er bei der nächsten Bestimmung als Überschuß erscheinen.

Beispiel: Gleicher Versuch wie oben.

Nach 1 Std.	Restwert 46 ccm	Entleerung 54 ccm/Std.
2 Stdn.	38 ccm	62 ccm/Std. (?)
3 Stdn.	54 ccm	46 ccm/Std. (?)
4 Stdn.	46 ccm	54 ccm/Std.

Bei der zweiten Bestimmung waren 8 ccm zurückgeblieben, die dann im folgenden Stundenwert als «zu viel» erscheinen. Der Durchschnitt bleibt aber 54 ccm/Std.

4. Das Entleerungsgesetz.

Der einzelne Säugling zeigt immer eine ihm eigene, konstante Entleerungsgeschwindigkeit. Er weicht nur unter bestimmten Bedingungen — auf die ich später zu sprechen komme — von seiner Norm ab. Vorerst soll aber untersucht werden, ob eine Beziehung zwischen Magenentleerungsgeschwindigkeit und Alter, Gewicht usw. des Säuglings besteht.

Literatur.

Eine große Schwierigkeit zeigt sich darin, daß die meisten Autoren die «Magenverweildauer» bzw. den 4- oder 6-Stunden-Rest im Auge gehabt haben. Daneben finden sich nur spärliche und völlig ungenaue Angaben über mit Sonde gefundene Werte. Die Streuung ist überall sehr groß, da nirgends die Fehlerquellen (vgl. Kap. 6 u. 7) beachtet wurden.

Patterson (1915): «The gastric activity varies according to the age of the subject.»

Demuth (1922): «Ein direkter Vergleich zwischen verschiedenen Kindern ist gänzlich unmöglich.»

Smith (1945): «No uniformity is to be expected. The stomach empties with unpredictable variability.»

Vendel (1946): «The emptying rate increases regularly month after month for each kind of food in proportion to the growth of the child. If the emptying coefficient, therefore, is divided by the normal weight for the age in question, a quotient results, which is nearly constant all through infancy.»

Ferner: Moritz (1901), Clarke (1911), Noorden (1920), Bessau, Rosenbaum u. Leichtentritt (1921), Krüger (1921), Schwarz u. Meissner (1924), Rosenbaum (1925), Izumita (1930), Hainiss (1935).

Die meisten dieser letztgenannten Autoren haben jedoch Versuchsbedingungen angewendet, welche ihre Resultate entwerten, z. B. vorgeschaltete Hungerperiode, Vernachlässigung der Lage des Säuglings usw. Ihre Zahlen können daher nicht verwendet werden.

Nur eine Methode, welche die konstante Periode der Magenentleerung benutzt, kann zuverlässige Resultate bringen. Dabei ist folgendes zu beachten: Ein größeres Kind kann naturgemäß größere Nahrungsmengen aufnehmen, ohne daß es zur Überdehnung und damit zur beschleunigten Entleerung kommt. Der Versuch, wie ihn Fig. 3 wiedergibt, kann beliebig an verschieden großen Säuglingen ausgeführt werden (Fig. 4). Die Form der Kurve bleibt immer gleich; es ändern sich nur die Größenverhältnisse: *das konstante Stück wird um so länger, je größer das Kind ist.* Bei größeren Kindern kann man daher ein höheres Ausgangsvolumen wählen.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse habe ich 60 magen-

gesunde Säuglinge mit meiner oben skizzierten Methode geprüft. (Die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Fehlerquellen sind dabei bereits berücksichtigt.) Es ergeben sich folgende Standardwerte:

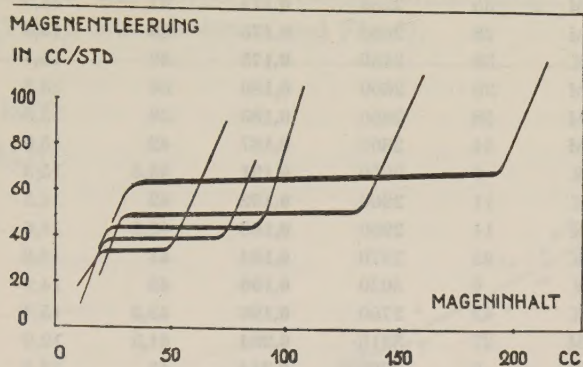


Fig. 4.

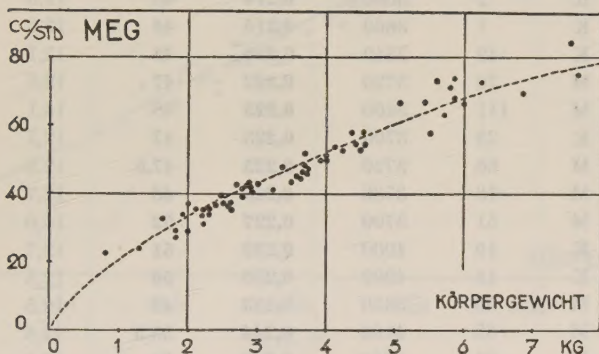


Fig. 5.

Es zeichnet sich eine deutliche Linie ab. Die Entleerungsgeschwindigkeit (drittletzte Kolonne) nimmt mit der Größe des Kindes ständig zu. Zwischen Alter und MEG besteht keinerlei nähere Beziehung. Eine gewisse Gleichmäßigkeit tritt dagegen im Verhältnis Gewicht/MEG zutage (zweitletzte Kolonne). Die ganz jungen (bzw. leichten) Säuglinge zeigen dabei eine relativ raschere Entleerung pro Gewichtseinheit, doch ist die Beziehung nicht streng. Ich habe die Werte in Fig. 5 graphisch zusammengestellt.

Ausgehend von der Überlegung, daß verschiedene vitale Funktionen (wie Grundumsatz, Wärmehaushalt usw.) mit der Oberfläche des Körpers in Beziehung stehen, habe ich bei jedem Kinde auch die *Körperoberfläche* bestimmt. Die Magenentleerung muß

TABELLE I.

Normalwerte für die Magenentleerungsgeschwindigkeit beim Säugling.

Reg.-Nr.	Geschlecht	Alter (Tage)	Gewicht (g)	Oberfl. (m ²)	MEG (ccm/Std.)	ccm/Std. pro kg	ccm/Std. pro m ² Ofl.
90	K	28	2600	0,173	36	13,8	208
62	M	35	2550	0,174	37	14,5	213
89	M	28	2600	0,175	36	13,8	209
61	K	38	2480	0,175	39	15,7	223
41	M	29	2600	0,180	36	13,8	200
95	M	58	2850	0,185	38	13,3	205
86	M	44	2800	0,187	42	15,0	225
84	K	9	2850	0,191	43,5	15,3	228
84	K	11	2900	0,192	42	14,5	219
84	K	14	2900	0,193	42,5	14,6	221
84	K	23	2970	0,194	41	13,8	211
72	K	6	3030	0,196	43	14,2	219
14	K	42	2750	0,196	42,5	15,4	216
67	M	27	3210	0,204	41,5	12,9	202
77	K	2	3600	0,214	45	12,5	211
77	K	1	3660	0,215	44	12,0	205
37	K	42	3540	0,220	43	12,1	195
56	M	76	3720	0,222	47	12,6	212
34	M	111	3400	0,223	48	14,1	215
87	K	25	3700	0,225	47	12,7	209
67	M	66	3720	0,225	47,5	12,8	211
88	M	18	3780	0,225	48	12,7	213
23	M	51	3700	0,227	52	14,0	228
78	K	19	4000	0,230	51	12,7	222
78	K	18	4000	0,230	50	12,5	217
23	M	55	3850	0,233	48	12,5	206
32	M	65	4180	0,244	53,5	12,8	219
38	M	91	4360	0,248	54	12,4	218
83	K	50	4220	0,250	52	12,3	208
76	K	52	4470	0,256	54	12,1	212
24	K	90	4460	0,254	58	13,0	228
47	K	68	4500	0,258	52	11,6	202
33	M	194	5450	0,290	66	12,1	227
27	M	147	5550	0,293	58	10,4	198
31	K	118	5120	0,295	66	12,9	223
21	K	162	5700	0,307	63	11,0	206
28	M	131	5950	0,308	68	11,4	221
15	K	163	5600	0,309	63	13,0	236
45	M	180	6000	0,310	66	11,0	213
15	K	179	5850	0,313	71	12,1	227
20	K	128	5900	0,318	73	12,4	229
16	K	81	6370	0,321	72	11,3	224
82	M	155	6930	0,337	69	9,9	205
35	M	298	7750	0,371	75	9,7	203
81	M	265	7600	0,371	85	11,2	229

ja — wenigstens bei der gleichmäßigen Muttermilchernährung des Säuglings — quantitativ aufs engste verknüpft sein mit dem Grundumsatz, der seinerseits proportional ist zur Körperoberfläche. Es würde daher nicht verwundern, wenn auch die Magenentleerung direkt mit der Körperoberfläche parallel ginge. Dies trifft auch zu (Tab. I, letzte Kolonne und Fig. 6).

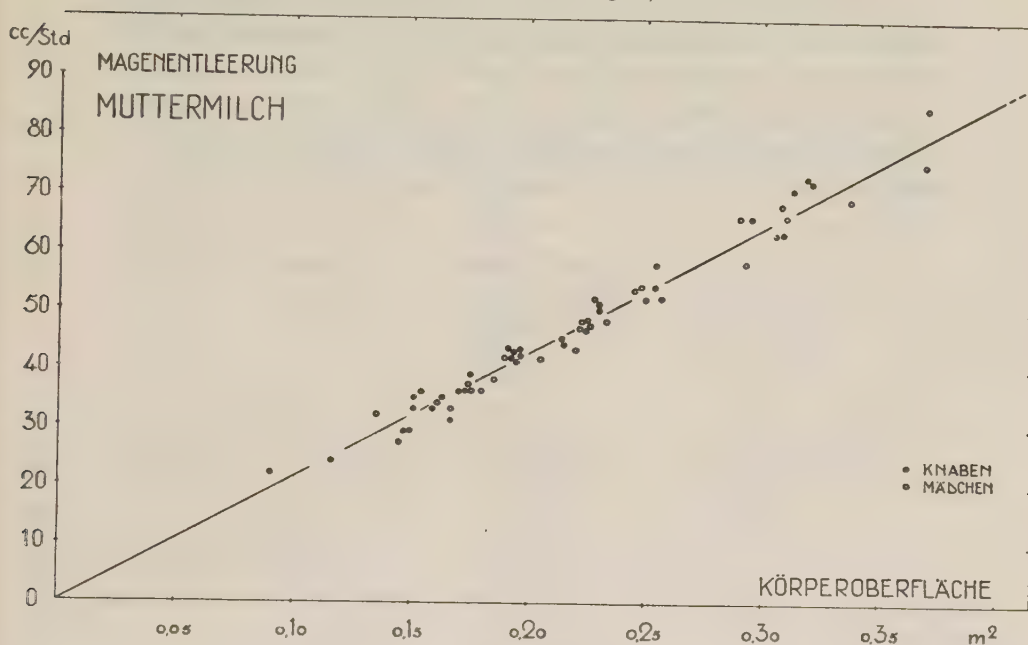


Fig. 6.

Die Magenentleerungsgeschwindigkeit ist streng proportional zur Körperoberfläche des Säuglings. Die Korrelation ist linear und entspricht 214 ccm Muttermilch/Std. pro m² Körperoberfläche.

Mathematische Auswertung:

Arithmetische Mittel: 214,2

Mittlere quadratische Streuung $s = + 9,4 = \pm 4,4 \%$.

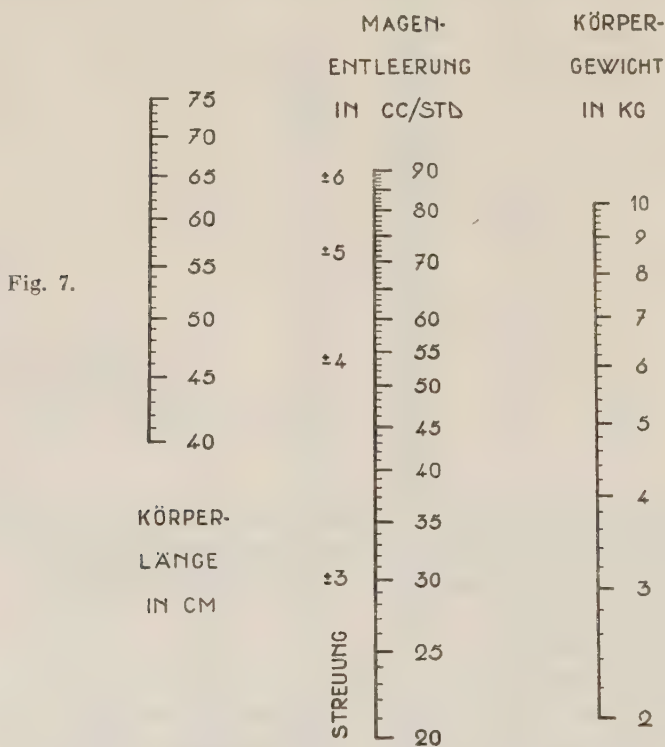
Die Oberfläche des Kindes wurde entweder mit der Formel von Du Bois («Hight-weight-formula» 1915) oder elektrisch bestimmt. Letztere Methode besteht darin, daß die elektrische Kapazität eines Körpers seiner Oberfläche entspricht. Man braucht demnach lediglich in einem gut abgeschirmten Raume die elektrische Kapazität des Säuglings zu messen (Hochfrequenzoszillator mit Resonanzkreis) und mit Testkörpern von bekannter Oberfläche zu vergleichen.

Praktisch wird wohl meist die *Du Boissche* Hight-weight-Formel zur Anwendung kommen, wobei pro m² Körperoberfläche eine MEG von 214 ccm/Std. einzusetzen ist.

$$\text{Magenentleerung} = \text{Gewicht}^{(0,425)} \cdot \text{Länge}^{(0,725)} \cdot 71,84 \cdot 214.$$

(ccm/Std.) (kg) (cm)

Ich habe diese Werte in einem Nomogramm zusammengefaßt analog dem von *Du Bois* für die Oberfläche angegebenen. Es läßt sich daraus für jedes Kind aus Gewicht und Körperlänge (Kopf/Fuß) die MEG direkt ablesen (Fig. 7). In der mittleren Kolonne ist auch die zu erwartende mittlere quadratische Streuung angegeben.



5. Die Magenentleerung der Frühgeburten.

Literatur.

Die Literatur über Ernährungsfragen bei Frühgeburten ist äußerst reichhaltig; doch wird das Problem der Magenmotilität nur ganz ausnahmsweise einmal gestreift.

Pritchard (1922): Die Verdauungsfunktionen und die Absorptionsfähigkeit der Frühgeburten sind schwach entwickelt. Der Magen entleert sich viel langsamer als bei normalen Kindern.

Bouslongs (1935): «Debile infants would empty their stomach more rapidly than normal children.»

Vendel (1946): «The emptying coefficient in prematures is found to be decreased in proportion to the debility of the child, expressing its functional insufficiency.»

Ferner: Ginsberg (1915), Reuss (1925), Bhatnagar (1927), Yllpö (1935), v. Sidow (1941), Gruber (1943), Lind (1945), Crosse (1946), Fanconi (1948).

Die Unsicherheit in der Beurteilung der Magenfunktion bei Frühgeburten beruht größtenteils auf ungenügenden Beobachtungsmethoden. Die viel kleineren Verhältnisse verlangen auch eine besonders sorgfältige Technik, da sich jeder Fehler doppelt auswirkt.

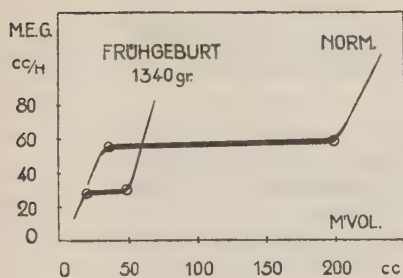


Fig. 8.

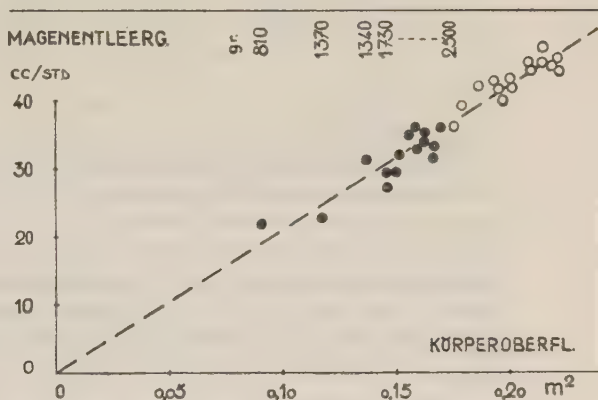


Fig. 9.

Aus Fig. 8 ist leicht ersichtlich, daß bei einem so kleinen Magen volumen, wie es die Frühgeburten aufweisen, auch die Zone der konstanten Entleerung viel kleiner sein muß. Bei einer 1000 g schweren Frühgeburt z. B. erstreckt sie sich nurmehr von 27 bis 10 g. Man muß dementsprechend mit niedrigen Ausgangsvolumina arbeiten (40—70 ccm) und die Bestimmung der Restmenge schon nach 40 oder gar 30 Minuten vornehmen. Dann aber erhalten wir Werte von fast ebensolcher Präzision wie bei den älteren Säuglingen. Ich habe Frühgeburten bis zum Gewicht von 800 g geprüft (Tab. II). Die Werte entsprechen genau denen des älteren Säuglings. Auch bei der kleinsten Frühgeburt entspricht 1 m² Körper-

oberfläche einer MEG von 214 ccm/Std. Graphisch geht die Linie genau in den Nullpunkt (Fig. 9).

TABELLE II.

Reg.-Nr.	Geschl.	Alter (Tage)	Gewicht (g)	Oberfl. (m ²)	MEG (ccm/Std.)	ccm/Std. pro kg	ccm/Std. pro m ² Of.
50	K	5	810	0,090	22	27,2	244
49	K	1	1350	0,117	24	17,5	206
93	M	27	1650	0,136	32	19,4	235
51	M	6	1800	0,146	27	15,0	186
30	K	28	2050	0,146	29	14,1	199
61	K	6	1850	0,149	29	15,7	195
61	K	12	1900	0,151	33	17,4	218
92	K	10	2100	0,155	35	16,7	226
43	M	27	2060	0,154	36	17,5	234
42	K	16	2200	0,159	33	15,0	208
62	M	24	2210	0,161	34	15,4	211
30	K	19	2360	0,162	35	14,8	215
44	K	26	2310	0,167	33	14,3	198
29	K	14	2290	0,167	31	13,5	186
26	K	33	2420	0,169	36	14,9	212

Mathematische Auswertung:

Arithmetisches Mittel: 211,5 (gegenüber 214,2 bei ausgetragenen Kindern).

Mittlere quadratische Streuung $s = \pm 17,8 = \pm 8,5\%$ (gegenüber $s = 9,4$ bzw. $4,4\%$ bei ausgetragenen Kindern).

Man wäre geneigt, daraus den Schluß zu ziehen, daß die Frühgeburten gegenüber den am Termin geborenen Säuglingen in ihrer Magenfunktion in keiner Weise behindert seien. Das stimmt natürlich nicht ganz. Der Grund liegt darin, daß das Verhältnis Magenvolumen zu Magenentleerung (= Nahrungsbedarf) gestört ist. Ich werde darauf im 10. Kapitel zu sprechen kommen.

Wenn wir die ganze Skala der Fälle — Frühgeburten und ältere Säuglinge — überblicken, werden die großen Linien in den Zahlenverhältnissen noch deutlicher. Die Entleerung pro Gewichtseinheit variiert stark: sie verkleinert sich mit zunehmendem Alter fortwährend. Die Entleerung pro Oberflächeneinheit bleibt aber immer konstant. Dies mögen die folgenden Typenfälle veranschaulichen (Tab. III):

TABELLE III.

Entwicklungs- stufe	Reg.-Nr.	Alter (Tage)	Gewicht in g	Oberfl. in m ²	MEG ccm/Std.	MEG pro kg	MEG pro m ²
Frühgeburt	50	5	810	0,090	22	26	230
Frühgeburt	30	28	2050	0,135	29	15	200
Neugeborenes	72	6	3030	0,196	43	14	216
4 Mon. alt	31	118	5120	0,295	66	12	220
8 Mon. alt	35	298	7750	0,371	75	9,7	203

6. Die physiologischen Variationen.

A. Der Einfluß des Hungers auf die Magenentleerung.

Literatur.

Die Zusammenhänge zwischen Hungergefühl und Magentätigkeit wurden seit *Longet* (1843) von den verschiedensten Autoren bearbeitet. Aus der umfangreichen Literatur sollen nur diejenigen Werke herausgegriffen werden, welche zur Frage der Magen-Motilität Wesentliches beitragen.

Boldyreff (1911) hat zum ersten Male an Hunden beobachten können, daß auch der völlig leere Magen peristaltische Bewegungen ausführt. «Von Zeit zu Zeit, nach genau bestimmten Pausen, fängt der Magen an, sich in ganz leerem Zustand zusammenzuziehen, und diese Kontraktionen sind so stark, daß sie um viele Male die während der Magenverdauung beobachteten übertreffen. Es genügt aber, daß man dem Tiere etwas füttert, so bricht die periodische Tätigkeit sofort ab und macht der Verdauungstätigkeit Platz.»

Cannon (1912) zeigte dasselbe am Menschen und stellte dabei fest, daß das Auftreten des Hungergefühls mit diesen «Hungerkontraktionen» zusammenfällt.

Carlson and Ginsberg (1913). Untersuchungen an Frühgeburten: «The empty stomach at birth and in the prematurely born infant exhibits the typical periods of tonus and hunger contractions of the adult, the only difference between infant and adult being the greater frequency and relatively greater vigor of these periods in the young.»

Ivy and Faundley (1929): «It is quite evident from these results on man and dog that up to a certain point hunger or fasting decreases the emptying time of the stomach», d. h. erhöht die MEG.

Ferner: *Haudek und Stigler* (1910), *Carlson* (1912), *Cannon and Washburn* (1912), *Ginsberg, Tumpovsky and Carlson* (1915), *Marfan* (1920), *Weitz und Vollers* (1925).

Zusammenfassend ergibt sich aus diesen Untersuchungen, daß der Magen auch arbeitet, wenn er *leer* ist. Er kann dann sogar übermäßig arbeiten.

Der «akute» Hungerzustand.

Die nun folgenden Untersuchungen sind der Frage gewidmet, welche Wirkungen der Hunger auf die Magenentleerungsgeschwindigkeit des Säuglings ausübt. Vorerst sollen die Veränderungen nach einmaliger, kurzdauernder Hungerperiode untersucht werden.

Versuch: An einem Säugling wird während einiger Stunden die MEG verfolgt. Dann läßt man ihn mehrere Stunden hungern, worauf wieder die MEG bestimmt wird.

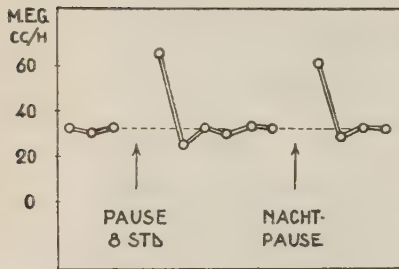


Fig. 10.

Beispiel:

Fig. 10. Inga-Britt, 3/12; als Versuchsnahrung wurde hier Zitronensäuremilch verwendet. Normalwert für die MEG = 31 ccm/Std. Dann Unterbrechung von 8 Stunden (Nacht). Nach dieser Hungerperiode ist die Entleerung während einer Stunde erheblich beschleunigt, um dann auf die Norm abzusinken.

Es spielt keine Rolle, ob diese Hungerperiode zufällig auf die Nacht fällt, oder ob sie irgendwo im Laufe des Tages eingeschaltet wird.

Wir können diese Beschleunigung der MEG als rein kompensatorisches Phänomen betrachten. Je länger wir die Hungerperiode ausdehnen, desto deutlicher wird (innerhalb gewisser Grenzen) der Ausschlag zutage treten (Fig. 11).

Es ist klar, daß bei der Bestimmung mit der einfachen Versuchsmethode, wie ich sie im 4. Kapitel beschrieben habe, der erste Wert unzuverlässig ist; denn er kann beliebig erhöht sein, wenn die Prüfung zufällig nach einer längeren Fastenperiode vorgenommen wird. Man muß also den ersten Stundenwert grundsätzlich streichen.

Wegen der Nichtbeachtung dieser Hungerbeschleunigung sind auch die meisten Untersuchungen über Entleerungszeiten unbrauchbar, weil (meist absichtlich) eine längere Hungerperiode vorgeschaltet wurde, «... um sicher zu sein, daß der Magen wirklich leer sei».

Gleichzeitig mit der Beschleunigung der Entleerung wird beim Hunger auch die *Reizschwelle* für die Auslösung peristaltischer Wellen herabgesetzt. Bei einem gesättigten Kinde genügen 10 ccm nicht, um eine richtige Peristaltik auszulösen. Im Hunger aber werden auch diese ganz kleinen Mengen prompt entleert.

Der «Tagesrhythmus» in der Magenentleerung.

Man hat verschiedentlich von einem *Tagesrhythmus* in der Magenentleerung des Säuglings gesprochen, gestützt auf die Beobachtung, daß sich am frühen Morgen der Magen etwas rascher

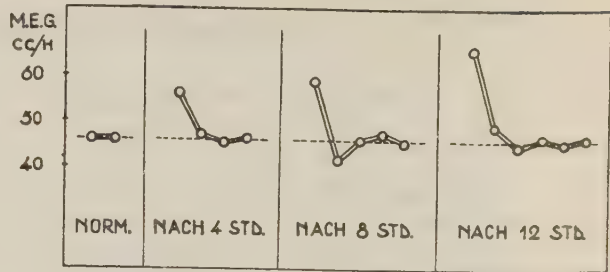


Fig. 11.

entleeren soll als am Abend. Dies hat zwar seine Richtigkeit, beruht aber auf bloßem Zufall. *Die Nacht stellt eben eine Hungerperiode dar.* Folgender Versuch macht dies deutlich (Fig. 12):

Während eines Tages wurden bei einem älteren Säugling alle Mahlzeiten genau verfolgt und die Entleerung graphisch festgehalten. *A* bedeutet die Entleerungskurven der drei Mahlzeiten. Am Morgen wurde eine weggelassen, um den Hungereffekt zu verstärken. *B* gibt die daraus berechnete MEG wieder. Sofort bei der ersten Nahrungsaufnahme (10 Uhr) setzt eine übermäßig rasche Entleerung ein, die auf die Norm zurückgeht, sobald der Hunger gesättigt ist. Dann ist die MEG im ganzen konstant. (Zweimal sinkt sie bedeutend unter die Norm, weil in jenem Zeitpunkt die Nahrungsmenge nicht mehr genügte, eine richtige Peristaltik auszulösen.)

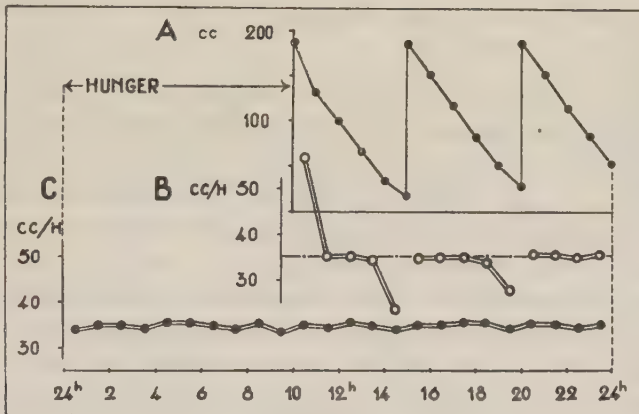


Fig. 12.

Wenige Tage später wurde vergleichsweise während 24 Stunden das Kind jede Stunde einmal gefüttert und für jede Stunde die Entleerung bestimmt (C). Es zeigen sich nicht die geringsten signifikanten Schwankungen. Der «Tagesrhythmus» beruht also nur auf einer zufälligen Hungerperiode während der Nacht.

Langdauernde Hungerzustände.

Bei chronischer Unterernährung bleibt es nicht bei der vorübergehend gesteigerten Motorik, sondern der Magen kommt in einen Zustand chronischer Übererregtheit. Während Tagen kann beim unterernährten Säugling die MEG gesteigert, ja mehr als verdoppelt sein, was zu eigentlichen Sturzentleerungen führt. Bei der Bestimmung nach obiger Versuchsmethode wird nicht nur der

erste Stundenwert erhöht sein, sondern die MEG bleibt auch bei stundenlanger Prüfung verdoppelt oder stark erhöht.

Hungerversuch am Säugling (Fig. 13): Einem normal entwickelten, gesunden Säugling wird plötzlich fast die gesamte Nahrung entzogen. Bereits nach 24 Stunden steigt die MEG hoch an (mehr als verdoppelt) und sinkt erst wieder, wenn genügend Nahrung zugeführt wird. Während dieser Zeit ist die Magenmotorik so gesteigert, daß das Kind sofort nach jedem Essen etwas erbricht. Gleichzeitig fällt natürlich die Gewichtskurve.

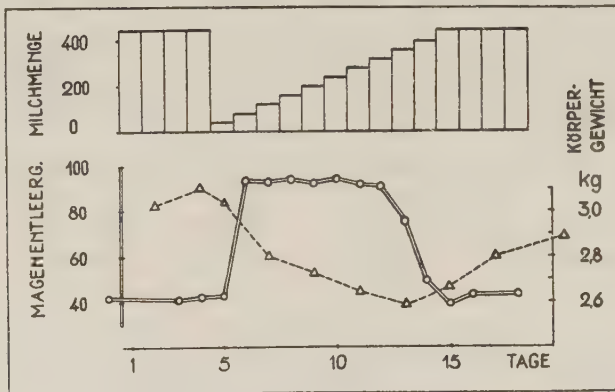


Fig. 13.

Diese Hungerzustände können zu einem ganz typischen klinischen Bilde führen: Der Säugling erweckt bei hochgradiger Inanition den Eindruck, als ob ein Pylorusspasmus vorliege, da man nicht selten die verstärkte Hungerperistaltik durch die Bauchdecken hindurch beobachten kann und das Kind nach dem Essen oft (spritzend) erbricht.

Fall NSG 809/46. Gunnar, 4wöchiger Säugling. Eingeliefert unter der Diagnose «Pylorusspasmus». Extremer Abmagerungszustand, spritzendes Erbrechen nach dem Essen; man sieht deutliche Magenperistaltik. Magenentleerungsbestimmung zeigt MEG von 120 ccm/Std., während seiner Körperoberfläche nur eine Entleerung von 56 ccm/Std. entsprechen würde. Es besteht also ein Hungerzustand, wie er in obigem Versuch experimentell hervorgerufen werden konnte. Ursache: Hypogalaktie der Mutter bei ausschließlicher Brusternährung, so daß das Kind bei einem effektiven Nahrungsbedarf von 800 g täglich nur 240—350 g täglich zu trinken bekam. Nach 10 Tagen ausreichender Ernährung ist das Kind völlig normal und die MEG auf die Norm von 57 ccm/Std. gesunken.

Auch in der Literatur finden sich gelegentlich — unter irgendeiner falschen oder unklaren Diagnose — solche Fälle mitgeteilt:

Hoffa (1912): Fall Hans, 4wöchiger Säugling. «Intracraniale Blutung

unter der Geburt, weshalb Knabe nicht richtig trinken konnte. Dennoch Ernährung (ausschließlich) an der Brust, so daß Kind bald in hochgradige Inanition geriet. Bereits am 6. Tage konnte man lebhaft peristaltische Bewegungen des Magens beobachten.» Kein besonders starkes Erbrechen. Spitalbehandlung: Ammenmilch. Daraufhin starker Gewichtsanstieg in wenigen Tagen. 4 Tage nach Spitaleintritt zum letzten Male peristaltische Wellen beobachtet. Hoffa kann allerdings die richtige Diagnose nicht stellen, er betrachtet die übermäßige Peristaltik als «Magenkrämpfe, wohl als Teilerscheinung der übrigen Krämpfe nach der Hirnblutung».

Ferner: Meyer (1912), Taillens (1925), Ferrari (1928) und Einzelne.

B. Der Einfluß der Lage des Kindes.

Für den Röntgenologen ist es eine bekannte Tatsache, daß ein Kontrastbrei den Pylorus rascher passiert, wenn der Patient auf der rechten Seite liegt.

Literatur.

Markowic und Perussia (1910), Rach (1913), De Buys and Henriques (1918) usw.

Wenn wir vergleichsweise unsere Entleerungskurve (analog zu Fig. 3) in Links- und Rechtslage bestimmen, finden wir überraschende Unterschiede (Fig. 14). Während bei Rechtslage die klassische Kurve entsteht (konstantes Mittelstück, Sturzentleerung über dem physiol. Maximalvolumen), zeigt dieselbe Kurve bei Linkslage einen ganz anderen Verlauf: Zuerst steigt sie langsam an. Bei Überdehnung des Magens kommt es ebenfalls zur Spre-

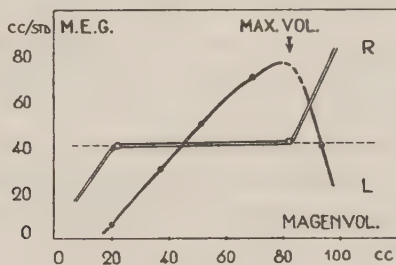


Fig. 14.

gung des Pylorus, doch jetzt nicht zur Sturzentleerung, sondern zum Gallerückfluß. Von konstanter Entleerung kann in Linkslage nicht mehr die Rede sein. Bestimmungen, die man in Linkslage vornimmt, müssen daher notgedrungen zu ganz falschen und wertlosen Resultaten führen. Dies ist bei einer Standardmethode zur Bestimmung der MEG ebenfalls zu berücksichtigen. Nur bei älteren Säuglingen gleicht sich der Unterschied etwas aus, so daß

man dort auch in Rückenlage bestimmen kann. Tab. IV zeigt einige vergleichende Messungen an jüngeren Säuglingen in Links- und Rechtslage.

TABELLE IV.

Reg.-Nr.	Oberfl.	Rechtslage	Linkslage
94	0,205	40 ccm/Std.	25—35 ccm/Std.
84	0,218	43 ccm/Std.	22—27—39 ccm/Std.
87	0,225	54 ccm/Std.	30—40 ccm/Std.
52	0,252	46 ccm/Std.	0 ccm/Std.

Im letzten Falle handelt es sich um ein Kind mit Pylorusspasmus im Rekonvaleszenzstadium. Es war längere Zeit hindurch mit Methylnatropin behandelt worden, was zu einer völligen Atonie des Magens führte (Kontrolle im Röntgenbild). *Je atonischer ein Magen ist, desto deutlicher wird naturgemäß der Unterschied zwischen Links- und Rechtslage.*

C. Die «Psyche» des Säuglings.

Beim Erwachsenen spielt die «Stimmung», in welcher eine Mahlzeit eingenommen wird, eine nicht unbedeutende Rolle auf die Verdauung. Doch sind diese Stimmungseinflüsse bedingte Reflexe und als solche an höhere psychische Funktionen gebunden; sie setzen eine Reaktionsfähigkeit des Individuums auf äußere Einflüsse, oder dann eine differenzierte Gedankenarbeit voraus. Davon kann aber beim Säugling nicht die Rede sein. Die psychischen Funktionen entwickeln sich ja erst langsam im Laufe von Monaten. Noch weniger dürfen wir bei Frühgeburten von «Psyche» sprechen, da bei ihnen oft nicht einmal die primitivsten Reflexe ausgebildet sind.

Von psychischen Einflüssen zu trennen sind vitale Faktoren, wie *Hunger, Temperatureinwirkung, Infekte* usw. Ebenso sind Reflexe von der Magenschleimhaut oder vom Duodenum aus keine psychischen Funktionen.

Die Frage der *Sondenfütterung* hängt eng mit diesen Tatsachen zusammen; denn man muß sich fragen, ob die Sondenmethode überhaupt *physiologisch* sei, da ja der Saugakt (d. h. die aktive Mitarbeit des Säuglings) umgangen werde. Nach obigen Überlegungen dürfen wir diesem keine so große Bedeutung zumessen, da bei der Sondenfütterung nur die bedingten Reflexe umgangen werden, die ja beim Säugling noch keine Rolle spielen, nicht aber die direkten (z. B. vom Duodenum aus). Daß dem auch wirklich so ist, zeigt eine ganze Reihe von Versuchen, bei welchen man z. B.

einen Säugling an der Brust saugen läßt, dann sofort nach Beendigung der Mahlzeit den gesamten Mageninhalt aushebert und mißt, um dann die Geschwindigkeit seiner Entleerung mit derjenigen einer reinen Sondenmahlzeit zu vergleichen. Schon früher haben zahlreiche Autoren mit verschiedenen Verfahren solche Versuche unternommen.

Literatur.

Pawlow (1907): «Wir nehmen keinen wesentlichen Unterschied wahr in der Arbeit des Verdauungskanal, ob nun die Milch unbemerkt in den Magen eingeführt oder dem Tiere zu trinken gegeben wird.»

Rosenbaum (1925) am Säugling: «Im Laufe der Untersuchung zeigte sich, daß Geschmacksreize für die Entleerung keine Rolle spielen.»

Luehrse (1922): «Die auf nervösen Impulsen des sympathischen und parasympathischen Nervensystems beruhende Motilität des Magens wird durch die Kautätigkeit nicht beeinflusst. Sie ist unabhängig von ihr.»

Heß (1918): «Für die Zeit der Entleerung konnte kein deutlicher Unterschied nach den verschiedenen Arten der Nahrungsaufnahme festgestellt werden.»

Bessau und Mitarb. (1921): «Der Gemütszustand des Säuglings während der Versuchsperiode wurde genau registriert. Ein Einfluß auf die Entleerungszeit konnte jedoch nicht festgestellt werden.»

Kronenberg (1922): Einfaches Leersaugen (= Saugen an leerer Flasche) ergibt beim Säugling keinen Magensaft.

Dordi (1931): Erst beim Kinde über 8 Monaten konnten bedingte Verdauungsreflexe nachgewiesen werden, welche in einer Magensaftsekretion bestanden, wenn man dem (hungrigen!) Kinde eine volle Milchflasche vorhielt.

Auch in meinen eigenen Untersuchungen sind immer die gleichen Resultate zutage getreten: Die Magenentleerung wird durch die Sondenfütterung nicht beeinflusst, nur sind bei anderer als Sondenfütterung die Streuungen viel größer, da viele Fehlerquellen nicht umgangen werden.

Wir können daher die Sondenmethode als durchaus physiologisch und als die Methode der Wahl bezeichnen.

7. Die Fehlerquellen der Methode.

A. Der Speichel.

Der Saugakt an der Brust bringt sicher eine nicht unbedeutende Beimengung von Speichel mit sich; doch ist es schwer, dessen Menge zu messen. Füttert man aber mit Sonde, so fällt auch dieser Reiz zur Speichelsekretion weg.

Kaijser (1943) hat an Säuglingen durch ununterbrochenes Ab-

saugen die Speichelsekretion *während der Verdauung* gemessen. Er kommt bei 1—6monatigen Säuglingen auf 1 bis maximal 2 ccm Speichel pro Stunde. Die Sekretion sinkt noch mehr, wenn der Säugling schläft. Solch geringe Mengen können daher kaum als Fehlerquellen in Betracht kommen.

B. Der Magensaft.

Die absolute Magensaftmenge beim Säugling ist noch sehr klein. *Kajser* hat durch fortwährendes Absaugen des Magensaftes nach Histamin- und Insulinstimulation die Maximalmengen des sezernierten Magensaftes bestimmt. Absolut beträgt diese Sekretion für 1—6monatige Säuglinge 1—5 ccm Magensaft pro Stunde (nach Insulin). Aus den gefundenen Werten ergibt sich ferner, daß die Menge des sezernierten Magensaftes zur Körperoberfläche ungefähr proportional ist, und zwar entspricht einer Körperoberfläche von $0,1 \text{ m}^2$ eine Magensaftsekretion von ca. 1 ccm/Std. Diese Menge ist auffallend klein. Man könnte sie schon rein zahlenmäßig fast vernachlässigen. Sie tritt aber vor allem deshalb in unseren Werten nicht zutage, weil sie selbst proportional zur Körperoberfläche und damit zur Entleerungsgeschwindigkeit ist. Der Entleerungswert wird immer um etwa 3 % zu niedrig sein.

Wenn wir das Kind statt mit Muttermilch *künstlich* ernähren, ändern sich die Verhältnisse vollkommen. Darauf soll zu gegebener Zeit eingegangen werden.

Adnex I: Die Neugeborenenperiode.

A. Die Magentätigkeit in utero.

Es besteht kein Zweifel darüber, daß der Magen schon in utero funktionsfähig ist, und zwar motorisch und sekretorisch.

Literatur.

Motorische Funktion:

Davis and Potter (1946) machten Untersuchungen über die intrauterinen Atembewegungen beim menschlichen Foeten, indem sie ein Kontrastmittel in das Fruchtwasser injizierten, um dieses dann röntgenologisch in den Lungen nachzuweisen. Als Nebenfund sieht man auf den Rtg.-Bildern außerordentlich schön die Füllung des Magens und Darmes mit Kontrastmittel; man erkennt deutlich die Einschnürungen der Peristaltik, so daß es sich um eine aktive Füllung handeln muß. Diese «Verdauungstätigkeit» beginnt schon beim Foeten vom 3. Monat.

Becker and co-w. (1940) wiesen intrauterine Verdauungstätigkeit beim Tiere nach, indem sie kontrastbildende Substanzen in die Fruchtblase inji-

zierten und diese bald darauf röntgenologisch im Magen und Darm nachweisen konnten.

Sekretorische Funktion:

Elsässer (1846): «Ich habe Magenschleimhaut von totgeborenen Kindern oder selbst von Foeten mit Erfolg zur künstlichen Verdauung von ... Eiweiß angewendet; nur ist die peptische Kraft in Foetenmägen bedeutend schwächer.»

Langendorff (1880) fand ebenfalls Pepsin in der Schleimhaut von 4monatigen Foeten.

De Toni und Montavani (1923) fanden Labferment im Magen von 3—4-monatigen Foeten; doch besitzt dieses eine ausgesprochene Affinität zu Frauenmilch. Kuhmilch wird nicht angegriffen.

Ferner: *Moriggia* (1876), *Yanase* (1907).

Der Magen des Foeten ist demnach etwa vom 4. Monat an funktionsfähig. Dies muß ja auch der Fall sein, wenn wir bedenken, daß Frühgeburten von 800 g (was dem 6. Monat entsprechen würde) sogleich von Geburt an Frauenmilch verdauen können.

Der foetale Magen ist jedoch noch kleiner als derjenige des Säuglings. Ich werde auf diese Verhältnisse im Anschluß an das 10. Kapitel zu sprechen kommen. Erst im Moment der Geburt entfaltet sich der Magen bis zu seiner definitiven Größe.

B. Die ersten Lebenswochen.

Der Magen des Neugeborenen ist schon in der ersten Stunde post partum fähig, Muttermilch zu verdauen. Ich habe jeweils die erste Mahlzeit mit Sonde gegeben und die Entleerung verfolgt: Der Magen benötigt nur eine ganz kurze Anlaufzeit von vielleicht $\frac{1}{2}$ Stunde; dann funktioniert er völlig unbehindert und mit ebensolcher Geschwindigkeit wie beim älteren Säugling.

Vergl. die *Literatur*:

Carlson and Ginsberg (1913): «Periods of gastric tonus and hunger contractions are in evidence shortly after birth and before any food had entered the stomach.»

Ferner: *Birk* (1911), *Heß* (1913), *Griswold und Shohl* (1925), *Beck* (1934).

In den ersten Lebenstagen entwickelt sich bei den meisten Kindern ein Bild, das in der Deutung nicht ohne weiteres klar ist. Nehmen wir an, der Säugling werde während dieser Zeit nach einer der üblichen Vorlagen mit langsam steigenden Milchmengen ernährt. Messen wir dann täglich die MEG, so sehen wir schon am ersten Tage einen Anstieg derselben, der weit über die Norm hinausgeht (Fig. 15). Die MEG ist während mehrerer Tage geradezu verdoppelt und sinkt erst wieder auf die Norm, wenn die ge-

nügende, definitive Nahrungsmenge erreicht ist. Von dort an folgt die MEG den Normalwerten. Diese Beschleunigung in den ersten Lebenstagen entspricht so genau den im 6. Kapitel beschriebenen Hungerzuständen, daß ich geneigt bin, auch diese Beschleunigung als Zeichen einer Mangelernährung bei so langsam ansteigenden Milchmengen aufzufassen.

Fig. 15.

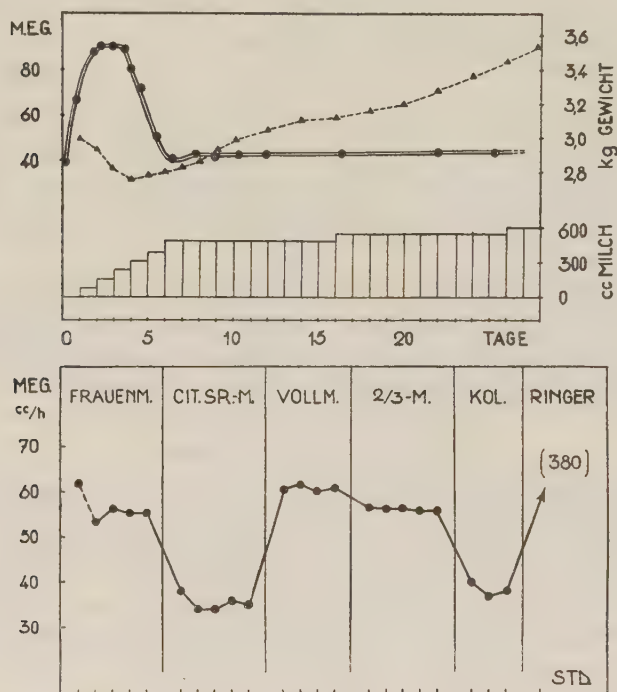


Fig. 16.

8. Die künstliche Ernährung.

Die bisher angegebenen Standardwerte gelten ausschließlich für Muttermilch. Wird diese durch irgendein künstliches Nahrungsmittel, Kuhmilch usw. ersetzt, ändern sich die Verhältnisse vollkommen. Die verschiedenartigsten Faktoren, wie artfremdes Eiweiß, veränderte Säurebindung und Magensaftproduktion, wirken hemmend oder beschleunigend auf die Magenentleerung ein, so daß die nunmehr gemessene MEG ein komplexes Vektorengelbilde darstellt. Es wird Aufgabe einer späteren Arbeit sein, dieses Zusammenspiel in seine einzelnen Komponenten zu zerlegen. Ich

begnüge mich hier damit, ein typisches Beispiel eines Versuches wiederzugeben, in welchem ein Säugling nacheinander mit verschiedenen Milchmischungen und Milchpräparaten gefüttert wurde. Jeder Punkt stellt einen Stundenwert dar. Nach einigen Stunden wird jeweils das vorangehende Nahrungsmittel vollständig durch ein neues ersetzt (Fig. 16).

Interessant ist die bedeutende Verlangsamung bei der mit Zitronensäure angesäuerten Milch (Zitr.sr.-M.), sowie die äußerst rasche Entleerung der Ringer-Lösung.

9. Die anatomischen Grundlagen I: Versuche am überlebenden Magen.

Die Untersuchungen im 2. Kapitel dieser Arbeit haben ergeben, daß die *einzelne Magenentleerung* (im Hinblick auf die MEG) in drei Abschnitte zerfällt: 1. die Zone der beschleunigten Entleerung bei übermäßiger Füllung, 2. das wichtige Mittelstück mit der konstanten MEG, und 3. das Endstück mit langsam ausklingender Peristaltik.

Es ist mir gelungen, diese Verhältnisse am isolierten kindlichen Magen abzuklären. Wenn man nämlich einem Säugling möglichst rasch nach dem Tode den Magen entnimmt, ihn in warmer Ringer-Lösung aufhängt und mit warmer Ringer-Lösung füllt, so beginnt der Magen in den meisten Fällen wieder zu arbeiten. Man beobachtet tiefe peristaltische Wogen, die sich in kurzen Abständen an der Fundus-Antrum-Grenze bilden, sich gegen den Pylorus verschieben und sich dort (an einem eingebundenen Steigrohr) auflösen, während sich am Antrum bereits die nächste Woge bildet.

Diese überlebenden Magen gestatteten mir, Messungen vorzunehmen über die Zusammenhänge zwischen Füllungsgrad des Magens, Frequenz und Stärke der peristaltischen Wogen usw. Solche Untersuchungen stellen demnach eine Wiederholung des im 2. Kapitel geschilderten «Versuches mit stufenweiser Steigerung des Magenvolumens» — diesmal am isolierten Magen — dar.

Methodik: Zur Untersuchung kommen nur Säuglinge, welche an Krankheiten starben, die den Magen nicht berührten. Möglichst rasch nach dem Tode (spätestens 30 Min.) wird der Magen, unter Mitnahme eines Stückes des Oesophagus und des Bulbus Duodeni, entnommen. Diese rasche Entnahme ist notwendig, um die Selbstverdauung des Magens zu verhüten. Der lebensfrische Magen wird nun in 38° warmer Ringer-Lösung aufgehängt. In den Oesophagus wird ein dünnes Steigrohr eingebunden, ebenso in den Pylorus; ersteres dient zum Füllen des Magens, letzteres zum Ablesen der

Kraft (= Hubhöhe) der peristaltischen Wellen. Nun gibt man langsam steigende Mengen von warmer Ringer-Lösung (der zur Kontrolle der Dichte ein Farbstoff beigegeben wird) durch den Oesophagus. Der Magen beginnt nun, wie oben beschrieben, zu arbeiten. Man mißt für jeden Füllungsgrad die Frequenz und die Stärke der peristaltischen Wogen. Das Produkt dieser beiden Werte stellt die effektive Entleerungsarbeit dar. Gleichzeitig wird der Mageninnendruck registriert.

Resultate (Fig. 17 a u. b): Der *Druck* im Mageninnern steigt bei zunehmender Füllung nur unwesentlich an, bis zu dem Punkte, an welchem der Magen maximal entfaltet ist. Dann nimmt er plötzlich rasch zu. Ich habe diesen Punkt schon früher als das physiologische Maximalvolumen bezeichnet.

Peristaltik: Ganz kleine Mengen genügen nicht, um eine nennenswerte Peristaltik auszulösen. Sobald aber der Mageninhalt eine gewisse Minimalmenge überschritten hat, treten die peristaltischen Wellen mit absoluter Regelmäßigkeit auf. *Ihre Frequenz und ihre Stärke bleiben vollkommen konstant, unabhängig vom jeweiligen Füllungsgrad des Magens.* Es tritt also wieder das konstante Mittelstück in der Entleerung zutage. Erst wenn wir den Magen durch unphysiologisch starke Füllung überdehnen, wird der Mechanismus gestört. In vivo käme es dann zur Pylorussprengung und zur Sturzentleerung.

Bei beiden Fig. habe ich die am Lebenden — bzw. am lebenden Kind mit gleicher Körperoberfläche — bestimmte Kurve der Entleerungsgeschwindigkeit eingetragen (doppelte Linie). Die Übereinstimmung tritt deutlich zutage. *Die Konstanz in der Entleerung einer einzelnen Mahlzeit findet also ihre Erklärung in einer konstanten Tätigkeit des Magens selbst, unabhängig von zentralen Regulationsmechanismen.*

Literatur.

Es ist dies das erstemal, daß ganze menschliche Mägen in vitro gearbeitet haben. Die vorhandene Literatur bezieht sich daher nur auf Tierversuche.

Vergl. Hofmeister und Schuetz (1885), Magnus (1904), Tezner und Turoid (1921) sowie Van Liere (1937).

10. Die anatomischen Grundlagen II: Die Proportionalität zur Körperoberfläche.

a) Das Magenvolumen.

Ich habe in dieser Arbeit zeigen können, daß die MEG zur Körperoberfläche proportional ist. Es bleibt noch zu untersuchen,

ob diesem Gesetz auch eine anatomische Proportionalität zugrunde liegt. Zuerst stellt sich die Frage: Besteht ein konstantes Verhältnis zwischen *Magenvolumen* und Körperoberfläche?

Fig. 17 a.

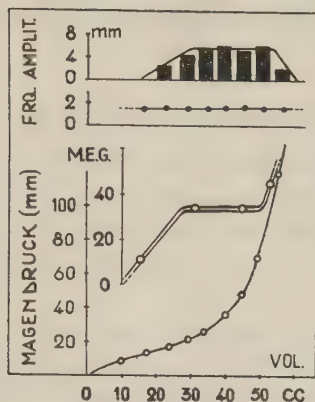


Fig. 17 b.

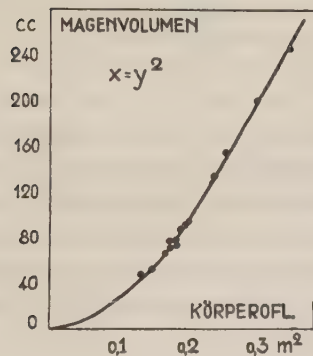
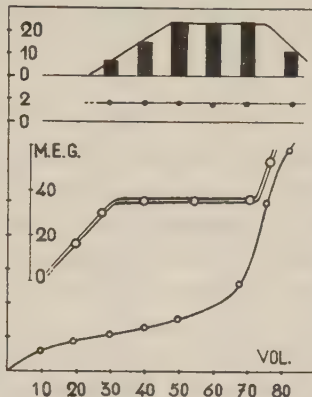


Fig. 18.

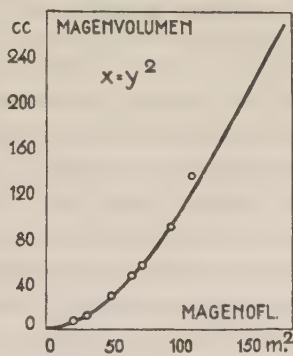


Fig. 19.

Die Versuche an isolierten Mägen lieferten eine größere Zahl Werte über das «physiologische Maximalvolumen» verschiedener Säuglinge. Die gleichen Werte können wir aber auch mit der im 2. Kapitel geschilderten «Stufenmethode» erhalten. Fig. 4 gibt 4 solche Messungen vergleichsweise wieder; das physiologische Maximalvolumen ist dann erreicht, wenn es zur Sturzentleerung kommt.

Fassen wir die mit beiden Methoden gefundenen Werte in einer Tabelle zusammen, so ergibt sich folgendes Bild (Fig. 18; die genauen Zahlen finden sich in den ersten Kolonnen der Tab. VI).

Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Körper-

oberfläche und Magenvolumen; doch ergibt sich keine *lineare* Proportion. Die Werte liegen aber innerhalb der physiologischen Streuung einer *Parabel mit der Formel* $x = y^2$, wobei der Brennpunkt bei $1 = 106$ liegt. Das Alter des Säuglings spielt keine Rolle (ausgenommen natürlich in den ersten 2 Lebenstagen, vgl. Fig. 20). Die obige Darstellung umfaßt Frühgeburten und Säuglinge von 1370 bis 6100 g.

b) Das Verhältnis Magenvolumen-Magenoberfläche.

Die Untersuchungen an Leichen haben nicht nur über das Magenvolumen Aufschluß gegeben, sondern auch über die *Magenoberfläche*. Als Magenoberfläche betrachte ich hierbei die innere Oberfläche bei einer Entfaltung des Magens, die dem physiologischen Maximalvolumen entspricht.

Methodik: Der einer frischen Leiche entnommene Magen wird durch Auffüllen mit Wasser auf das (vorher bestimmte) physiologische Maximalvolumen gebracht und ins Wasser gelegt. Innert 1—2 Tagen erschläfft die Wandung vollständig, so daß sich nun beim Aufschneiden den Kurvaturen entlang der Magen nicht mehr zusammenzieht. Die beiden Hälften werden auf einem Papier möglichst vollständig ausgebreitet und ihre Fläche mit dem Planimeter ausgemessen.

Zu jedem Magenvolumen erhalten wir so die entsprechende Magenoberfläche. Die Resultate sind in Tab. V und Fig. 19 zusammengefaßt. Wieder liegen alle Werte auf einer *Parabel mit der Formel* $x = y^2$ und dem Brennpunkt $1 = 91$. Wir können nach dieser Formel die Oberfläche zu jedem beliebigen Magenvolumen berechnen — also auch zu denen, welche wir am Lebenden mit der «Stufenmethode» bestimmt haben.

TABELLE V.

Reg.-Nr.	Magenvol.	Magenoberfl.
91	8,5 ccm	21 cm ²
73	13,5 ccm	30 cm ²
99	30 ccm	48 cm ²
100	47 ccm	64 cm ²
71	55 ccm	71 cm ²
70	88 ccm	91 cm ²
58	133 ccm	106 cm ²

c) Die Magenoberfläche.

Schon allein die Tatsache, daß beide Verhältnisse (Magenvol. zu Körperoberfl. und Magenvol. zu Magenoberfl.) der gleichen Parabel mit der Formel $x = y^2$ gehorchen, würde genügen, mathe-

matisch zu beweisen, daß *die Magenoberfläche zur Körperoberfläche linear proportional ist*. Ich habe aber zur besseren Übersicht alle Werte noch in Tab. VI zusammengefaßt.

TABELLE VI.

Reg.-Nr.	Alter (Tage)	K'ofl. (m ²)	M'vol. (ccm)	$\frac{M'vol.}{K'ofl.}$	M'ofl. (cm ²)	$\frac{M'ofl.}{K'ofl.}$
93	27	0,137	48	350	68	496
61	12	0,151	55	364	72	477
92	11	0,151	55	364	72	477
62	36	0,174	67	385	81	466
61	39	0,175	70	400	82	469
89	20	0,175	77	440	87	497
95	56	0,184	77	418	87	473
86	48	0,190	75	395	85	447
70	3	0,192	88	458	91	474
84	10	0,195	90	461	93	477
67	27	0,205	93	454	93	454
58	43	0,237	133	561	106	450
11	90	0,255	155	608	118	463
15	155	0,300	200	667	135	450
16	138	0,315	245	671	149	476

Man erkennt deutlich, daß das *Magenvolumen* im Verhältnis zur Körperoberfläche rasch ansteigt. *Die Magenoberfläche aber bleibt in ihrem Verhältnis immer konstant — nicht nur zur Körperoberfläche, sondern damit auch zur MEG*. Das Verhältnis beträgt 469 cm² Magenoberfläche pro m² Körperoberfläche (469 : 10 000). Es scheint auch für unsere Begriffe durchaus logisch, daß die *Magenoberfläche*, das heißt die chemisch und motorisch arbeitende Fläche, mit der Magenentleerung parallelgeht.

Mathematische Auswertung:

Arithmetisches Mittel: 469,7.

Mittlere quadratische Streuung: $s = \pm 15,8 = \pm 3,4\%$.

Literatur.

Vgl. Toldt (1881), Zuccarelli (1894), Dargien (1899), Lissenko (1899), Rubner (1902), Alliot (1905), Pirquet (1917), Scammon and Doyle (1920), Scott (1925), Kaijser (1943).

Adnex II: Das Fassungsvermögen des Magens und der Nahrungsbedarf.

Es mag noch von Interesse sein, die Größenverhältnisse im Überblick zu betrachten. Es interessiert uns vor allem die Stellung der Frühgeburten. Nachdem wir gezeigt haben, daß die Magen-

entleerungsgeschwindigkeit — und damit der Nahrungsbedarf des Säuglings — sich linear zur Körperoberfläche verhält, das Fassungsvermögen des Magens aber mit abnehmender Kindesgröße quadratisch abnimmt, ist es klar, daß ganz kleine Individuen, wie es die Frühgeburten darstellen, stark benachteiligt sind. In ihrem Magen hat, im Verhältnis zum Nahrungsbedarf, nur eine viel kleinere Menge Platz. Die in Tab. VII wiedergegebenen Typenfälle zeigen dies deutlich.

TABELLE VII.

	Gewicht g	K'off. m ²	M'vol. ccm	MEG ccm/Std.	Magen kann Nahrung fassen für . . Std.
Frühgeburt	900	0,10	24	21	1 Std. 10 Min.
Frühgeburt	2000	0,15	53	32	1 Std. 40 Min.
Neugeborener	3100	0,20	94	43	2 Stdn. 10 Min.
3 Monate alt	4400	0,25	147	54	2 Stdn. 45 Min.
5 Monate alt	5500	0,30	210	64	3 Stdn. 20 Min.
8 Monate alt	7800	0,40	345	86	4 Stdn. 01 Min.

Daraus erklärt sich die empirisch schon lange gefundene Tatsache, daß Frühgeburten sehr oft und mit kleinen Mahlzeiten ernährt werden müssen, während für größere Kinder wenige, aber voluminöse Mahlzeiten genügen. Gleichzeitig versteht man auch, warum die bisher übliche *Magenentleerungszeit* als Maß der Magenfunktion so großen Streuungen unterworfen ist.

Adnex III: Die Neugeborenenperiode.

Die Magenvolumenbestimmungen, die an Neugeborenen während der ersten 2 Lebenstage gemacht werden, zeigen regelmäßig stark erniedrigte Werte. Ich habe diese Verhältnisse bereits im Abschnitt «Die intrauterine Magentätigkeit» gestreift. In utero ist der Foetus eben nicht als Individuum zu betrachten, sondern als ein mütterliches Organ. Zu diesem Ergebnis kommt man auch, wenn man den Energieverbrauch des Foeten betrachtet (*Rubner*).

Die Körperoberfläche spielt in utero noch nicht die Rolle, welche sie später beim isolierten Lebewesen spielen wird. Der Magen ist daher noch kleiner, seine Oberfläche erreicht nicht das definitive Verhältnis zur Körperoberfläche. Erst im Moment der Geburt, d. h. im Moment, wo die Körperoberfläche ihre Funktion aufnimmt, richten sich Energieumsatz, Magenentleerung, Magenoberfläche usw. nach ihr. In den ersten 2 Tagen nach der Geburt entfaltet sich der Magen, und die Magenoberfläche nimmt die definitive Größe an, welche einem Verhältnis von 469 : 10 000 zur

Körperoberfläche entspricht (Tab. VIII und Fig. 20, alles Messungen an der Leiche). Es spielt dabei keine Rolle, ob es sich um eine Frühgeburt von 800 g oder um einen ausgewachsenen Säugling handelt.

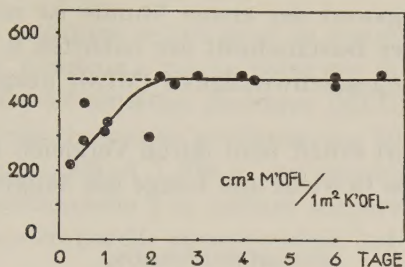


Fig. 20.

TABELLE VIII.

Reg.-Nr.	Alter Tage	Magenvol. ccm	Magenofl. cm²	Magenofl. Körperofl.
91	$\frac{1}{4}$	9	21	212 : 10000
100	$\frac{1}{2}$	47	64	397 : 10000
99	$\frac{1}{2}$	30	48	292 : 10000
71	1	55	71	334 : 10000
61	1	14	30	316 : 10000
73	2	13,5	30	291 : 10000
	später:	70	82	469 : 10000

11. Die Standardmethode.

Auf Grund dieser Untersuchungen ist es nun möglich, eine bereinigte Methode zur serienmäßigen Prüfung der Magenentleerungsgeschwindigkeit aufzustellen:

Die Apparatur ist auf Seite 1 beschrieben; die Länge der Sonde läßt sich aus der Distanz Glabella—Proc. xiphoides abschätzen.

Der Säugling liegt in rechter Seitenlage, ältere Säuglinge auch auf dem Rücken. Man führt die Sonde durch den Mund ein, wobei jede Gewalt vermieden werden muß. Ein evtl. noch im Magen befindlicher Rest wird ausgehebert. Dann gibt man durch die Sonde eine Menge vorgewärmter Muttermilch, die etwa $\frac{1}{40}$ des Körpergewichtes entspricht. Meist genügen 100 ccm.

In Abständen von jeweils einer Stunde wird ausgehebert und die Restmenge gemessen. Die Differenz ergibt die Entleerung pro Stunde. Dann wird auf das ursprüngliche Volumen aufgefüllt und wieder in den Magen zurückgepumpt.

Bei Kindern, die erbrechen oder speien, wird ein dünnes Wattekissen in Tüll unter den Kopf gelegt. Das Erbrochene wird von der Watte aufgesogen und kann dann mit einer Briefwaage gemessen werden.

Der Entleerungswert der ersten Stunde ist nicht verwendbar (Hunger usw.). Der Durchschnitt der nächsten 3—4 Stunden gilt als Magenentleerungsgeschwindigkeit (MEG) ausgedrückt in ccm/Std.

Den Normalwert erhält man durch Vergleich mit dem Nomo-gramm (Fig. 7) aus Gewicht und Länge des Säuglings.

Zusammenfassung.

Die Magenentleerung verläuft für den einzelnen Säugling mit einer grundsätzlich konstanten Geschwindigkeit. Es wird eine Methode ausgearbeitet, um die Magenentleerungsgeschwindigkeit (MEG) in ccm/Std. zu bestimmen.

Vergleichende Messungen an 60 gesunden Säuglingen und Frühgeburten zwischen 800 und 7700 g zeigen, daß die MEG zur Körperoberfläche des Säuglings streng proportional ist. 1 m² Körperoberfläche entspricht 214 ccm Muttermilch pro Stunde.

Hunger beschleunigt die Entleerung. Langdauernde Hungerzustände führen zu Sturzentleerungen.

Versuche am überlebenden, isolierten menschlichen Magen zeigen, daß dieser selbst konstant arbeitet, unabhängig vom jeweiligen Füllungszustand. Die Magenoberfläche ist zur Körperoberfläche proportional.

Summary.

The stomach empties in the individual infant at a constant rate. A method has been evolved to ascertain the speed at which the stomach empties (MEG = Stomach Emptying Speed) in c.c./h.

Comparative estimates in 60 premature and full-term babies of weights varying between 800 gm. and 7.700 gm. show that the MEG and the body surface of the babies is strictly proportionate: 1 m² of the body surface corresponds to 214 c.c. of breast milk per hour.

Hunger accelerates the emptying which tends to become very precipitous after prolonged hunger periods.

Experiments carried out on the surviving and isolated human

stomach show that it works at a constant rate, independent from the state of filling. The surface of the stomach is proportionate to the body surface.

Résumé.

L'évacuation gastrique se fait pour un nourrisson donné à une vitesse constante. L'auteur a mis au point une méthode permettant d'évaluer la vitesse d'évacuation gastrique (MEG) en cc. par heure.

Des mensurations comparées pratiquées sur 60 nourrissons sains et prématurés entre 800 et 7.700 g. ont montré que la MEG est strictement proportionnelle à la surface corporelle du nourrisson. A 1 m² de surface corporelle correspondent 214 cc. de lait maternel à l'heure.

La faim accélère l'évacuation. Si les périodes de faim sont prolongées, il se produit des évacuations drastiques.

Des recherches expérimentales conduites sur l'estomac humain isolé en survie montrent que ce dernier a une vitesse d'activité constante, indépendante de son état de réplétion. La surface gastrique est proportionnelle à la surface corporelle.

Literatur.

- Alliot, L., La capacité stomacale du nouveau-né. Thèse Paris 1905. — Becker, R. F., W. F. Windle, E. E. Barth and M. D. Schulz, Surg. Gyn. and Obstetrics 70, 603 (1940). — Beck, O., Physiologie und Pathologie des Neugeborenen. Wien 1934. — Bessau, G., S. Rosenbaum und B. Leichtentritt, Jahrb. f. Khk. 95, 123 (1921). — Best, C. und Cohnheim, Zschr. phys. Chem. 69, 113, 117, 123 (1910). — Bhatnagar, S., Les soins et l'alimentation des enfants prématurés. Diss. Lausanne 1927. — Birk, W. und F. Edelstein, Mschr. f. Khk. 9, 505 (1911). — Boldyreff, W., Ergebn. der Physiol. 11, 121 (1911). — Cannon, W. B., The mechanical factors of the digestion. London 1911. — Cannon, W. B. and A. L. Washburn, Amer. Jour. Dis. Child. 29, 411 (1912). — Carlson, A. J., Amer. Jour. Physiol. 31, 151, 175 ff. (1912). — Carlson, A. J., The control of hunger in health and disease. Chicago 1916. — Carlson, A. J. and Ginsberg, Amer. Jour. Physiol. 38, 29 (1913). — Catel, W., Normale und pathologische Physiologie der Bewegungsvorgänge im Verdauungstraktus. Leipzig 1946. — Clarke, T. W. Arch. of Pediatr. 28, 648 (1911). — Crosse, V. M., The premature baby. London 1946. — Dargien, P., Bibliogr. Anatom. 7, 207 (1899). — Davis and Potter, J. A. M. A. 131 (1946). — De Buys and Henriques, Amer. Jour. Dis. Child. 15, 190 (1918). — Demuth, Zschr. f. Khk. 33, 276 (1922). — De Toni und Montavani, Nourrisson 11, 10 (1923). — Dordi, A. M., Rivista clin. pediatr. 29, 791 (1931). — Du Bois, E. F., Arch. of Int. Med. 15, 868 (1915). — Elsässer, Arch. Anat. und Physiol. 1846, S. 72. — Fanconi, G., Helv. paed. acta 3, 68 (1948). — Ferrari, A., Hungernde Brustkinder. Diss. Zürich 1928. — Ginsberg, Tumpowsky and A. J. Carlson, J. A. M. A. 64, 1822 (1915). — Griswold and Shohl, Am. Jour. Dis.

Child. 30, 541 (1925). — Gruber, M., Annales Paed. 160 (1943). — Hainiss, E., Arch. f. Khk. 104, 71 (1935). — Haudek, M. und R. Stigler, Pflügers Arch. 83, 145 (1910). — Helmreich, Physiologie des Kindesalters. Springer 1931. — Heß, R., Zschr. s. Khk. 19, 1 (1918). — Heß, A. H., Amer. Jour. Dis. Child. 6, 264 (1913). — Hoffa, Th., Mschr. f. Khk. 10, 523 (1912). — Hofmeister und Schütz, Arch. f. exper. Pathol. u. Pharm. 20, 1 (1885). — Holt, Diseases of infancy and childhood. New York-London 1911. — Izumita, T., Jahrb. f. Khk. 128, 108 (1930). — Ivy and Fanley, Amer. Jour. Physiol. 91, ... (1929). — Kaijser, K., Magsaftundersökninger pa barn. Stockholm 1943. — Keller, W., Nord. Med. 39, 2115 (1948). — Krüger, W., Mschr. f. Khk. 21, 257 (1921). — Kronenberg, zit. in Rosenbaum. — Luehrse, L., Pflügers Arch. 194, 107 (1922). — Langendorf, O., Arch. f. Anat. und Physiol. 1879, S. 95. — Lind, J., Nord. Med. 28, 2461 (1945). — Linder, A., Statistische Methoden in Physiol. und Medizin. — Lissenko, W., The growth and structure of the stomach in childhood. Diss. Petersburg 1899. — Longet, F. A., Anatomie und Physiologie des Nervensystems der Menschen. Paris 1842. — MacCann, J. C., Amer. Jour. Physiol. 89, 497 (1929). — Magnus, Arch. f. d. ges. Physiologie 103, 515 und 108, 123 (1904). — Marfan, A. B., Traité de l'allaitement. Masson, Paris 1920. — Markowic und Perussia, Med. Klin. 1910, 14. — Moriggia, In Unters. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. 1876, S. 455. — Moritz, L., Zschr. f. Biologie 32, 313 (1895) und 42, 565 (1901). — Noorden, Handbuch der Ernährungslehre. 1920. — Nothmann, Arch. f. Khk. 51, 123 (1909). — Patterson, T. L., Amer. Jour. Phys. 33, 423 (1914) und 37, 316 (1915). — Pawlow, J. P., Die Arbeit der Verdauungsdrüsen, Wiesbaden 1898. — Pirquet, C. v., System der Ernährung. Berlin 1917. — Pritchard, Physiological feedings of infants and children. London 1922. — Rach, Zschr. f. Khk. 9, 116 (1913). — Réaumur, Sur la digestion des oiseaux. Paris 1752. — Reuss, A., Wien. klin. Wschr. Beilage 11 (1925). — Rieder, H., Münch. med. Wschr. 1904, S. 1548. — Rogatz, J. L., Amer. Jour. Dis. Child. 28, 53 und 69 (1924). — Rosenbaum, S., Beihefte zum Jb. f. Khk. 4, 1925 (dort die gesamte Lit. bis 1925). — Rubner, M., Die Gesetze des Energieverbrauches bei der Ernährung. Leipzig 1902. — Scammon and Doyle, Amer. Jour. Dis. Child. 20, 516 (1920). — Scammon, R. E., Amer. Jour. Dis. Child. 17, 395 (1919). — Schwarz und Meissner, Pflügers Archiv 202, 491 (1924). — Scott, G. H., Amer. Jour. Dis. Child. 30, 147 (1925). — Smith, A., The Physiology of the newborn infant. Springfield 1946. — Taillens, Clinique 20, 43 (1925). — Tezner, O. und M. Turoid, Zschr. ges. exper. Med. 12, 275 (1921). — Toldt, C., Die Entwicklung und Ausbildung der Drüsen des Magendarmkanals. Wien 1881. — Tschermak, Pflügers Archiv 175, 165 (1919). — Van Liere, Sleath and Northrop, Amer. Jour. of Physiol. 119, 480 (1937). — Van Putteren, M., Materialien zur Physiologie der Magenverdauung des Säuglings. Diss. Petersburg 1889 (Jahrb. f. Khk. 31, 188 [1890]). — Vendel, S., Acta physiol. Scand. 11, 380 (1946) und Proceedings in Acta paed. 25, 178 (1948). — Von Sydow, G., Svenska läkartidningen 1941, Nr. 4. — Weitz und Vollers, Zschr. ges. exper. Med. 47, 52 (1925). — Wiggers, C. J., Physiology in health and disease. Philadelphia 1944. — Yanase, J., Arch. ges. Physiol. 117, 345 (1907) und 119, 451 (1907). — Yllpö, A., Handb. der Khk., Berlin 1919. — Zuccarelli, P., L'estomac de l'enfant. Thèse Paris 1894.